PAT-NO: JP02002044446A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002044446 A

TITLE: IMAGE PROCESSOR AND IMAGE PROCESSING METHOD, AND METHOD FOR GENERATING THRESHOLD MATRIX FOR GENERATING HALFTONE IMAGE

PUBN-DATE: February 8, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
ISHIZAKA, KANYA	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
FUJI XEROX CO LTD	N/A

APPL-NO: JP2000220179

APPL-DATE: July 21, 2000

INT-CL (IPC): H04N001/405, G06T005/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a method for generating a threshold matrix, in which an image can be outputted without decreasing the gray scale of a an original image, when the image is outputted from an objective apparatus.

SOLUTION: At the time of **generating a threshold value matrix, threshold** adjusting amounts Nb and Nw are **determined (step S1), a dot growth** amount ds per gray scale is determined (step S2), a dot screen of the entire gray scale colS is generated (step S3), and then the threshold are redistributed (step S4), thus obtaining a threshold matrix having an adjusted threshold for an objective apparatus.

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12) 公開特許公報（Ａ）　(11)特許出願公開番号
特開2002－44446
（P2002－44446A）
(43)公開日　平成14年２月８日(2002.2.8)

(51)Int.Cl.⁷		識別記号	F I			テーマコード゛(参考)
H04N	1/405		G06T	5/00	200A	5B057
G06T	5/00	200	H04N	1/40	C	5C077

審査請求　未請求　請求項の数６　ＯＬ　（全 18 頁）

(21)出願番号　特願2000－220179(P2000－220179)

(22)出願日　平成12年７月21日(2000.7.21)

(71)出願人　000005496
富士ゼロックス株式会社
東京都港区赤坂二丁目17番22号

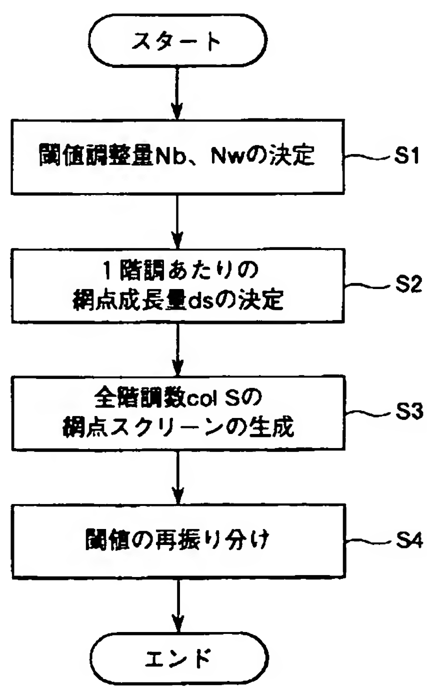
(72)発明者　石坂　敢也
神奈川県足柄上郡中井町境430　グリーンテクなかい　富士ゼロックス株式会社内

(74)代理人　100086298
弁理士　船橋　國則

Fターム(参考)　5B057 CA02 CA08 CA12 CA16 CB02
CB07 CB12 CB16 CC02 CE13
CH11
5C077 LL19 MP08 NN09 PP32 PP33
PP61 PQ20 PQ22 TT02

(54)【発明の名称】　画像処理装置および画像処理方法、ならびにハーフトーン画像生成用閾値マトリックスの作成方法

(57)【要約】
【課題】　出力を対象とする機器で画像を出力したときに、元画像の階調数を減らさずに出力できるような閾値マトリックスの作成法が求められている。
【解決手段】　閾値マトリックスを作成するに際し、先ず、閾値調整量Ｎｂ，Ｎｗを決定し（ステップＳ１）、次に１階調あたりの網点成長量ｄｓを決定し（ステップＳ２）、次いで全階調数ｃｏｌＳの網点スクリーンを生成し（ステップＳ３）、しかる後閾値の再振り分けを行う（ステップＳ４）ことにより、出力対象機器用に閾値調整をした閾値マトリックスを得る。



【特許請求の範囲】

【請求項１】 多階調画像を閾値マトリックスを用いてハーフトーン化する画像処理装置であって、出力対象機器のドット再現特性からあらかじめ与えられた最終階調数以上に階調数を確保して初期階調数を定め、各閾値をとる画素数がそれぞれ均一かまたは１だけ異なる初期閾値マトリックスを作成するとともに、この初期閾値マトリックスの閾値の中から長さが最終階調数と等しい区間にある全閾値を選び出して各閾値を割り当て直し、それ以外の閾値は０と最終階調数－１に割り振ることで作成されてなる最終閾値マトリックスを格納する記憶手段と、

入力される多階調画像と前記記憶手段に格納された前記最終閾値マトリックスで与えられる閾値とを比較してハーフトーン化画像を得る比較手段とを備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項２】 多階調画像を閾値マトリックスを用いてハーフトーン化する画像処理方法であって、

出力対象機器のドット再現特性からあらかじめ与えられた最終階調数以上に階調数を確保して初期階調数を定め、各閾値をとる画素数がそれぞれ均一かまたは１だけ異なる初期閾値マトリックスを作成するとともに、この初期閾値マトリックスの閾値の中から長さが最終階調数と等しい区間にある全閾値を選び出して各閾値を割り当て直し、それ以外の閾値は０と最終階調数－１に割り振ることで作成されてなる最終閾値マトリックスをあらかじめ用意し、

入力される多階調画像と前記最終閾値マトリックスで与えられる閾値とを比較してハーフトーン化画像を得ることを特徴とする画像処理方法。

【請求項３】 多階調画像をハーフトーン化する際に用いる閾値マトリックスの作成方法であって、

出力対象機器のドット再現特性からあらかじめ与えられた最終階調数以上に階調数を確保して初期階調数を定める初期階調数設定工程と、

前記初期階調数を有し、各閾値をとる画素数がそれぞれ均一かまたは１だけ異なる初期閾値マトリックスを作成する初期閾値マトリックス作成工程と、

前記初期閾値マトリックスの閾値の中から長さが最終階調数と等しい区間にある全閾値を選び出して各閾値を割り当て直し、それ以外の閾値は０と最終階調数－１に割り振ることで最終閾値マトリックスを作成する最終閾値マトリックス賛成工程とを有することを特徴とする閾値マトリックスの作成方法。

【請求項４】 初期閾値マトリックス作成工程では、あらかじめ前記出力対象機器で目標とするスクリーン形状に合わせて、異なるクラスター量を持った黒ドットと白ドットを出力することで、前記出力対象機器での黒ドットと白ドットが紙に出力され始める直前の点よりも小さい出力開始直前黒ドット量と出力開始直前白ドット量をそれぞれ求めるとともに、閾値マトリックスの総画素数、閾値マトリックス内の黒ドット数と白ドット数および最終階調数から前記初期階調数を求め、

前記最終閾値マトリックス作成工程では、全黒ドットが前記出力開始直前黒ドット量分もしくはそれよりも１だけ少ない量分だけ成長した点まで閾値０をとるか、各白ドットが前記出力開始直前白ドット量分もしくはそれよりも１だけ少ない量分だけ成長した点まで閾値（最終階調数－１）をとるように、前記初期階調数の中から連続的に最終階調数分の閾値を選び番号を与え直すことを特徴とする請求項３記載の閾値マトリックスの作成方法。

【請求項５】 前記初期閾値マトリックス作成工程では、あらかじめ定められた基本ドット配置点からドットの成長方向を所定の方法で決定することによって前記初期閾値マトリックスの大域的な濃度成長を定めるとともに、前記基本ドット配置点からブルーノイズ特性に基づいてドットの優先順位を決定することによって前記初期閾値マトリックスの局所的な濃度成長を定めることを特徴とする請求項３または４記載の閾値マトリックスの作成方法。

【請求項６】 前記初期閾値マトリックス作成工程では、前記初期閾値マトリックス内のスクリーン成長形状をライン型に成長させることを特徴とする請求項３，４または５記載の閾値マトリックスの作成方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像処理装置および画像処理方法、ならびにハーフトーン画像生成用閾値マトリックスの作成方法に関し、特に多階調画像をハーフトーン化（二値化）して処理する画像処理装置およびその処理方法、ならびにそのハーフトーン化の際に用いる閾値マトリックスの作成方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】画像処理装置、例えばゼログラフィーによるプリンタ装置では、通常、網点形成法によるハーフトーン化が用いられている。ゼログラフィーでは、単独のドットを複数個出力するよりも、クラスター状に固めて出力した方が安定した画像出力が得られるという性質があり、この点で網点形成法は、ゼログラフィーに適したハーフトニング法であるということができる。

【０００３】しかしながら、網点を用いるにしても、ハイライト部（低濃度部）においては個々の網点が成長してクラスターを形成しないと、安定した出力が得られない。実際には、記録紙にトナーが乗らないなどの理由により色が出ない場合がある。また、ドットゲイン（網点太り）の現象によって、シャドー部（高濃度部）が実際の色よりも濃く出力されるといった現象が発生する。

【０００４】使用するゼログラフィーＩＯＴ（画像出力部）の性能や解像度によって違いはあるが、特に１２００ｄｐｉ以上（６００×４８００などのハイアドレッサ

ビリティも含む）の高解像度出力の場合には、１画素がより小さくなるために、単独ドットでの出力がより困難になってくる。したがって、ハイライト部の色の表れが遅くなるとともに、シャドー部ではドットゲインの影響がさらに強くなり、白ドットがつぶれてべた塗り状態になる傾向が高まってくる。

【０００５】このように、一つにはハイライト部、シャドー部がつぶれてしまうという現象が起こるため、このつぶれなどを見込んで、ハーフトーン化処理を行う前にＴＲＣ補正と呼ばれる階調補正を行って、元の多階調画像のトーンカーブ修正を行うのが通常である。特に元画像のハイライト部は濃く、シャドー部は薄くされる。この処理はハーフトーンの観点から見ると、中間調部分の階調を全体階調に引き伸ばすことと同じであり、結果として、絶対的な階調数は減ってしまうことになる。

【０００６】網点スクリーンを形成する閾値マトリックスの理想的な閾値配置量は、０から必要階調数分までの閾値がほぼ等量配置されたものである。このようなスクリーンでは、階調数が充分に確保され、濃度の変化が安定した画像が得られる可能性が高い。しかしながら、上記の問題により、ＴＲＣ補正が行われると、ハイライト部とシャドー部に相当する閾値が無駄になり、階調数が減少することになる。

【０００７】以上のような理由により、出力を対象とする機器で画像を出力したときに、元画像の階調数を減らさずに出力できるような閾値マトリックスの作成法が求められている。

【０００８】これに対して、特開平８－６２３７号公報に記載された網点画像の作成方法が提案されている。当該公報に記載の作成方法は、網点画像を作成する際に、後工程で再現可能な最小ドットの大きさ以上のドットを用いるという方法である。この方法を用いると、ハイライト部、シャドー部の濃度の立ち上がりが従来よりも正確で、また階調数も充分にとれる。

【０００９】図２７に、この作成方法で閾値を修正した閾値マトリックスの例を示す。同図において、（Ａ）は調整前、（Ｂ）が調整後をそれぞれ示しており、網掛け部分が閾値調整されている。この閾値マトリックス例から明らかなように、ハイライト部においてドットが固められて出力されるようになっていることがわかる。

【００１０】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の従来技術では、ハイライト部、シャドー部でドットを出力可能な大きさに集めて出力するに過ぎず、本質的な点で単に網点の成長順序を変えているだけである。したがって、ハイライト部とシャドー部では再現性を上げることはできるが、同時にスクリーンの線数が減ったり、濃度変化特性が均一でないなどの問題が起こる。

【００１１】すなわち、本質的に閾値の配置を、出力できる最小サイズの網点に規制しているだけである、換言すれば、閾値マトリックス内に散らばっているハイライト部に対応する閾値０，１，２，３，４，…などを、１箇所に集めている効果が得られるに過ぎないため、閾値の配分量も全濃度で均一であり、閾値０とそれ以外の閾値とは同格である。

【００１２】また、上記の理由により、ハイライト部のドットが初めから全て出力される訳ではないため、全てのドットが出揃う濃度まではスクリーンの線数が低くなり、ざらつきが現れることになる。特に出力機の解像度があがると、出力される最小サイズの網点を構成するドットの数が増えるため、全ての網点が出揃うまでにはかなりの階調数を必要とする。したがって、全てのドットが出揃うまでの広い濃度範囲において線数低下もしくはざらつきが非常に目立つものと考えられる。

【００１３】さらには、全てのドットが出揃うまでの濃度成長が閾値マトリックス内で局所的であり、全てのドットが出揃った後は、逆に閾値マトリックス全体に亘って均一になっている。したがって、濃度成長の統一性が無いため、グラデーションの濃度変化の特性が、ドットが出揃うまでの部分を境に異なってしまい、グラデーションが荒れる可能性がある。

【００１４】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明では、先ず、出力対象機器のドット再現特性からあらかじめ与えられた最終階調数以上に階調数を確保して初期階調数を定め、次いでこの初期階調数を有し、各閾値をとる画素数がそれぞれ均一かまたは１だけ異なる初期閾値マトリックスを作成し、次いでこの初期閾値マトリックスの閾値の中から長さが最終階調数と等しい区間にある全閾値を選び出して各閾値を割り当て直し、それ以外の閾値は０と最終階調数－１に割り振ることで最終閾値マトリックスを作成する。そして、この最終閾値マトリックスを用いて多階調画像をハーフトーン化する。

【００１５】これにより、多階調画像をハーフトーン化して印刷した際に紙の上には出力されなくても、信号上は、濃度０％において黒網点が出力され、各黒網点を構成するドットの数がそれぞれ同一または１つだけ異なるようになり、さらに濃度１００％において白網点が出力され、各白網点を構成するドットの数がそれぞれ同一かまたは１つだけ異なるようになる。したがって、ハイライト部とシャドー部の紙の上でのドット出力開始点が、それぞれ多階調画像におけるハイライト部とシャドー部の濃度立ち上がり点と一致する。

【００１６】ここで、黒網点、白網点などの表記は純粋に色を意味している訳ではない。したがって、当然のことながら、本手法はカラー出力用にも使用できる。例えば、Ｃ（シアン）、Ｍ（マゼンタ）、Ｙ（イエロー）、Ｋ（ブラック）の全てで本手法を用いれば、単色の階調数だけでなく、２次色、３次色、…の階調数を増大させ

ることができる。これは、カラー出力において、再現可能な色数が増大することと同値である。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0018】図1は、本発明の一実施形態に係る画像処理装置の構成の一例を示すブロック図である。図1において、本実施形態に係る画像処理装置10は、描画部（色変換部）11、二値化処理部12および描画メモリ13を有し、外部装置、例えばホストコンピュータ20から入力される多値画像データに対して所定の処理を施し、その処理後の画像データを画像出力部（IOT）30に対して出力する。

【0019】この画像処理装置10には、ホストコンピュータ20から例えばR（赤）、G（緑）、B（青）の8ビットの画像データが入力される。この画像データは、描画部11でCMYKの8ビットの画像データに色変換されて二値化処理部12に供給される。この二値化処理部12で二値化（ハーフトーン化）された画像データは、描画メモリ13を経由して画像出力部30に供給される。

【0020】二値化処理部12は、多値画像データをハーフトーン化する処理部であり、図2に示すように、閾値マトリックス記憶部21および比較部22を有する構成となっている。閾値マトリックス記憶部21には、網点スクリーンを形成する閾値マトリックスが予め格納される。比較部22は、入力される多値画像データと記憶部21に格納されている閾値マトリックスから与えられる閾値データとを比較し、その比較結果に応じた二値化データを網点画像データとして出力する。

【0021】上記構成の画像処理装置10において、二値化処理部12でのハーフトーン化処理のために、閾値マトリックス21に予め閾値マトリックスを格納しておくことになるが、この閾値マトリックスの作成法、即ち目的とする出力対象機器、特にゼログラフィー機用に閾値調整をした閾値マトリックスを作成する方法が本発明の特徴とするところである。

【0022】この閾値マトリックスの作成では、以下の4ステップの処理を実行することにより、目的とするゼログラフィー機用に閾値調整をした閾値マトリックスを得る。すなわち、図3のフローチャートに示すように、閾値調整量Nb，Nwを決定する工程（ステップS1）と、1階調あたりの網点成長量dsを決定する工程（ステップS2）と、全階調数colSの網点スクリーンを生成する工程（ステップS3）と、閾値の再振り分けを行う工程（ステップS4）の各処理を実行する。以下、各工程での処理について具体的に説明する。

【0023】先ず、閾値調整量Nb，Nwを決定する工程（ステップS1）では、総階調数（最終的な階調数）colE、マトリックスサイズw＊hのスクリーンマトリックスを作成する。このとき、作成する閾値マトリックスの網点の核を配置し、核から網点を成長させてゆく方向（網点形状）を決定する。そして、ドットの成長法にしたがって、1ドットずつ各黒ドットを同時に成長させながら、その都度、対象とするゼログラフィーIOTの目的解像度で出力してゆく。

【0024】図4は、このような網点のテストの例を示すものである（出力網点の一部を表示したもの）。個々の網点の形状は場合により異なるが、クラスター量は一定に増やしてゆく。この操作を行いながら、物理的に紙に初めてトナーが乗ったときの網のクラスター量Nbを求める。クラスター量Nbは、一般的に、次のように定義される。

【0025】Nb＝min{n｜第n段階まで成長させたON網点をIOTで出力して、物理的に紙にトナーが乗る}－1

ここで、ON網点とは、黒ドット（ONドット）の集合を言うものとする。図4の例において、対象とするIOTで出力した場合に、クラスター量6のとき（右列上から2番の状態）にはじめて紙上にトナーが確認されたとすると、クラスター量Nbは上記の定義により、Nb＝5となる。

【0026】同様にして、OFF網点も成長させながら、初めて紙上にOFF網点が確認できたときのクラスター量Nwを求める。クラスター量Nwは、一般的に、次のように定義される。

Nw＝min{n｜第n段階まで成長させたOFF網点をIOTで出力して、物理的に紙にOFFドットが乗る}－1

ここで、OFF網点とは、べた塗りの中での白ドット（OFFドット）の集合を言うものとする。

【0027】なお、IOTの出力にはむらがあり、ときどきによって結果が異なる。このような場合を考えて、何度も測定した平均をとるようにするのが好ましい。また、クラスター量Nb，Nwの定義自体は理想的な形をしているが、実際に「物理的に紙にトナーが初めて乗る」ときのクラスター量を正確に求められない場合も考えられる。この場合もおおよその点を求めるようにしておく。

【0028】次に、1階調あたりの網点成長量dsを決定する工程（ステップS2）での処理について説明する。ステップS1において定められたクラスター量Nb，Nwは、それぞれ濃度0％と100％の時々で点灯するONドット、OFFドットのクラスター量を意味している。したがって、これらのドットは階調を表現するためには使用しない。階調を表現するのは、マトリックス内の残りの画素を用いて行うことになる。

【0029】先ず、マトリックス内の階調を表現するのに使用し得るドットの総数Dsを、次式で求める。

$$Ds = w \cdot h - (Nb + Nw) \cdot dn \quad \cdots (1)$$

ここで、ｄｎはマトリックス内の総格子点数である。

【００３０】また、階調が１つ増大する度にマトリックス内で新たに点灯するドット量（網点成長量）ｄｓは、次式で与えられる。

ｄｓ＝Ds／ｃｏｌＥ　…（２）

ここでは、ｄｓは実数で与えておき、小数部分は切り捨てない。さらに、初めに作成する閾値マトリックスの階調数（初期階調数）ｃｏｌＳは、

ｃｏｌＳ＝ｉｎｔ（ｗ・ｈ／ｄｓ）　…（３）

で与えられる。ここで、ｉｎｔは小数部分を切り捨てる関数を意味する。

【００３１】次に、全階調数ｃｏｌＳの網点スクリーンを生成する工程（ステップＳ３）での処理について説明する。この工程では、全階調数ｃｏｌＳの閾値マトリックスを生成する。基本的には、全閾値に亘って網点成長量が（ｉｎｔ）ｄｓと（ｉｎｔ）ｄｓ＋１の閾値が均等になるように作成されるようにする。つまり、基本的な閾値の配置は、図５のようになっている。図５において、横方向が閾値の値を、縦方向がマトリックス内に存在する該当閾値の数をそれぞれ表している。

【００３２】ここでは、こうして得られた初期閾値マトリックスの中から長さがｃｏｌＥである区間を選んで新たな閾値に採用することを行う。ここで、初期階調数ｃｏｌＳを求める際に、ｗ・ｈ／ｄｓの小数部分を切り捨てており、この部分で数ドット分の誤差がでる。

【００３３】上記の方法では、この誤差分が（ｉｎｔ）ｄｓ＋１の方にも上乗せされている。しかし、ｄｓが整数であって、ｗ・ｈ／ｄｓが整数でない場合があり、この場合は、図５のように一部の閾値でｄｓ＋１個あるものがでてくる。しかし、ｄｓが整数なので、できれば最終的なマトリックスは全閾値に亘って同じｄｓ個である方が好ましい。そこで、ｗ・ｈ／ｄｓを切り捨てる際の誤差を適当に配分することを行う。

【００３４】すなわち、図５に示すように閾値を配するのだが、ｗ・ｈ／ｄｓの切り捨て分の誤差に相当するＡｂ，Ａｗを計算し、その分を最終的な閾値マトリックスに関係しない閾値（ハイライト部、シャドー部）に割り振ってしまう。

Ab=dn*Nb-(int)(ds*(double)((int)((double)(dn*Nb)/ds)))　…（４）

Aw=dn*Nw-(int)(ds*(double)((int)((double)(dn*Nw)/ds)))　…（５）

ここで、誤差分の全画素数Ａｂ＋Ａｗがｄｓを上回っている場合には、階調数を減らして対応する。したがって、全階調数ｃｏｌＳは次の式で再定義する。ｃｏｌＳ＝ｃｏｌＳ－（ｉｎｔ)(Ａｂ＋Ａw)/(ｉｎｔ)(ｄｓ)　…（６）

【００３５】以上で誤差を抽出したので、改めて初期閾値マトリックスを作成する。図５に示した通り、全階調数ｃｏｌＳのマトリックスを作成するが、上記ＡｂとＡｗ分の誤差を、図６に示すように、閾値０とｃｏｌＳ－１に割り振ったマトリックスを作成する。

【００３６】次に、閾値の再振り分けを行う工程（ステップＳ４）での処理について説明する。この処理では、ステップＳ３で得られた全階調数ｃｏｌＳの初期閾値マトリックスの閾値をｃｏｌＥ階調に置き換えることで最終的な閾値マトリックスを得る。具体的には、初期閾値マトリックスの切り捨て閾値ＯｂとＯｗを求めて、下記の手順で閾値を配置し直す。

【００３７】

Ｏｂ＝（ｉｎｔ)(ｄｎ＊Ｎｂ／ｄｓ）　…（７）

Ｏｗ＝ｃｏｌＳ-1-(ｉｎｔ)(ｄｎ＊Ｎｗ／ｄｓ）
＝Ｏｂ＋ｃｏｌＥ-1　…（８）

【００３８】閾値再配置手順：

①初期閾値ｃが０≦ｃ≦Ｏｂ　：閾値を０にする

②初期閾値ｃがＯｂ≦ｃ≦Ｏｗ　：閾値からＯｂ-1を引いたものを新しい閾値とする

③初期閾値ｃがＯｗ≦ｃ≦ｃｏｌＳ-1：閾値をｃｏｌＥ-1にする

【００３９】以上の４つの工程を経て、初期閾値マトリックスから最終的な閾値マトリックスを得ることができる。なお、ステップＳ３で誤差分を初期閾値マトリックスに配分しておくことで、ｄｓが整数の場合には最終閾値マトリックスの閾値は、０とｃｏｌＥ-1以外はすべてマトリックス内にｄｓ個とることができる。

【００４０】この初期閾値マトリックスから最終閾値マトリックスを得る工程は、図７のように説明することができる。図７は、上述した一連の閾値調整法の概念を示したものである。図７において、横方向が閾値を、縦方向がマトリックスに含まれる閾値の総数をそれぞれ表している。調整済みマトリックスは、図７下のように、閾値０とｃｏｌＥ-1の量が、ＩＯＴの性能に応じて大目に設定されており、間の閾値が均等割りになっているという性質を持つようになる。

【００４１】本手法で作成した閾値マトリックスの閾値例は、図２７（従来例）に対応させると、図８に示すようになる。図８において、（Ａ）は調整前、（Ｂ）が調整後をそれぞれ示しており、網掛け部分が閾値調整されている。図２７との対比から明らかなように、閾値０が増えており、その他の閾値が均等割りになっていることがわかる。このように、従来の閾値調整法が実質的に網点の成長順序を変えているのに対して、本手法では閾値の量を調整するという概念を実現している。

【００４２】続いて、初期閾値マトリックスの具体的な作成法の一例について説明する。閾値マトリックスは、通常、直交格子または斜交格子を用いて網点の核を生成し、この核から目標の網点形状に合わせた成長を行うこ

とによって作成される。

【００４３】ここで、空間座標に対して任意角度を持った直交格子を閾値マトリックスに利用したスクリーンが直交格子スクリーンと呼ばれ、格子の交わり角度が９０度以外のものを含む格子から作成されるスクリーン全般が斜交格子スクリーンと呼ばれている。直交格子スクリーンは、斜交格子スクリーンの特別な場合、即ち格子の交わり角度が９０度の場合である。このことから、斜交格子スクリーンは、直交格子スクリーンよりも幅広いスクリーンサイズ、角度、線数の条件を満たすことは明らかである。

【００４４】斜交格子は、空間座標のｘ軸、ｙ軸に対して、それぞれ角度θと角度ωの平行直線で作成する。この場合、平行直線の線間隔は固定値をとらなくてはならないが、図９に示すように、それぞれの角度が異なる線間隔ｌ１，ｌ２をとることは可能である。ここでは、図９のような斜交格子を平面上に容易に作成するための方法について述べる。

【００４５】ここでは先ず斜交格子を一般的に定義し、その性質について考える。以下の数の組み合わせに対して、斜交格子系Ｋ{(w，h)，(ｘ１，ｙ１)，(ｘ２，ｙ２)}を定義する。

(w，h)，(ｘ１，ｙ１)，(ｘ２，ｙ２)

（w，ｈ：実数，w，ｈ＞０，

ｘ１，ｘ２，ｙ１，ｙ２：整数，ｘ１，ｘ２≠０）

ｘ１＜０ならば、ｘ１とｙ１の正負をそれぞれ逆転したものを、ｘ１とｙ１に再度置き直す。ｘ２＜０ならば、ｘ２，ｙ２に関しても同様にする。

【００４６】図１０に示すように、横幅w、縦幅ｈの長方形をとる。次に、ｙ１＞０の場合の整数対（ｘ１，ｙ１）に対応する平行直線群を定義する。長方形の左辺をｌ１，右辺をｌ２とし、左辺ｌ１の下端をｐ（１，０）、上端をｐ（１，ｘ１）、右辺ｌ２の下端をｐ（２，０）、上端をｐ（２，ｘ１）とする。左辺ｌ１をｘ１等分し、各等分点にｐ（１，０）から近い順に、ｐ（１，１），…，ｐ（１，ｘ１－１）と名前を与える。同様に、右辺ｌ２をｘ１等分し、各等分点にｐ（２，０）から近い順に、ｐ（２，１），…，ｐ（２，ｘ１－１）と名前を与える。

【００４７】さらに、辺ｌ２を点ｐ（２，ｘ１）側に延長し、その延長線上で点ｐ（２，ｘ１）から距離（ｈ／ｘ１）・｜ｙ１｜だけ離れた点を補助点Ｑとする。補助点Ｑは、ｘ１＞ｙ１ならば、長方形の辺ｌ２上の点ｐ（２，｜ｙ１｜）に相当し、ｘ１＜ｙ１ならば、補助点Ｑは長方形外の延長線上にあることになる。図１０（ａ）～（ｃ）はｘ１＞ｙ１の場合について、同図（ｄ）～（ｆ）はｘ１＜ｙ１の場合について、点の配置例をそれぞれ示している。

【００４８】次に、点ｐ（１，０）と補助点Ｑとを結んだ際の線分の傾きと同じ傾きを持つ直線で、点ｐ（ｉ，ｊ）（ｉ＝１，２，ｊ＝０，…，ｘ１）を通る全ての直線を長方形内に形成する。以上により、整数対（ｘ１，ｙ１）に対応する平行直線群が形成される。ｙ１＜０の場合には、長方形の右辺をｌ１、左辺をｌ２として、同様の平行直線群を作成する。

【００４９】整数対（ｘ２，ｙ２），ｙ２＞０に関しては、同じ長方形の、今度は上辺をｌ１、下辺をｌ２とし、上辺ｌ１の左端をｐ（１，０）、右端をｐ（１，ｘ２）、下辺ｌ２の左端をｐ（２，０）、右端をｐ（２，ｘ２）とし、上記と同様の平行直線群を作成する。ｙ２＜０の場合には、下辺をｌ１、上辺をｌ２とし、同様に作成する。以上により得られた長方形とその内部の平行直線群を、まとめて斜交格子系Ｋ{(w，h)，(ｘ１，ｙ１)，(ｘ２，ｙ２)}を定義する（以下、これを定義１と称する）。

【００５０】斜交格子系Ｋ{(w，h)，(ｘ１，ｙ１)，(ｘ２，ｙ２)}と斜交格子系

【数１】

$$K\{(w,\ h),\ (\pm x1,\ \pm y1),\ (\mp x2,\ \mp y2)\}$$

とは等しい（括弧内複号同順、括弧外複号任意）。さらに、斜交格子系Ｋ{(w，h)，(ｙ２，－ｘ２)，(ｙ１，－ｘ１)}も同じ斜交格子構造をとる（等しい）。また、上下反転、左右反転はともにＫ{(w，h)，(ｘ１，－ｙ１)，(ｘ２，－ｙ２)}で、９０度回転はＫ{(w，h)，(ｘ２，ｙ２)，(ｘ１，ｙ１)}となる。

【００５１】２つの斜交格子系Ｋ{(w，h)，(ｘ１，ｙ１)，(ｘ２，ｙ２)}に関して、それぞれの左辺と右辺を接したものは斜交格子系Ｋ{(２w，h)，(ｘ１，ｙ１)，(２ｘ２，ｙ２)}と同じ構造になり、また下辺と上辺を接したものは、斜交格子系Ｋ{(w，２h)，(２ｘ１，ｙ１)，(ｘ２，ｙ２)}と同じ構造になる。したがって、斜交格子系Ｋ{(w，h)，(ｘ１，ｙ１)，(ｘ２，ｙ２)}で平面をタイル状に覆うことができ、平面上に斜交格子をすることができる。

【００５２】斜交格子系Ｋ{(w，h)，(ｘ１，ｙ１)，(ｘ２，ｙ２)}に対して、上述したように得られる平面上の斜交格子の格子点となるような斜交格子系内の点を、斜交格子系の格子点と呼ぶものとする。但し、斜交格子系の長方形の上辺および右辺上にある点を除外する。また、長方形の下辺と左辺の交点を斜交格子系の原点と呼び、原点から下辺方向にｘ軸、左辺方向にｙ軸をとった際の（ｘ，ｙ）座標値を格子系内の座標と定義する。

【００５３】斜交格子系Ｋ{(w，h)，(ｘ１，ｙ１)，(ｘ２，ｙ２)}に関して、次の４つの性質が成り立つ（以下、これを性質１と称する）。

（１）平行直線群の角度は、それぞれ平面のｘ軸、ｙ軸方向に対して以下で与えられる。

$\tan^{-1}(hy1/wx1)$，

$\tan^{-1}(wy2/hx2)$

（２）平行直線群の平行直線間の距離は、それぞれ以下で与えられる。

$w\cdot h/\sqrt{(w^2 x1^2+h^2 y1^2)}$,

$w\cdot h/\sqrt{(h^2 x2^2+w^2 y2^2)}$

（３）斜交格子系の格子点数は、ｘ１・ｘ２＋ｙ１・ｙ２で与えられる。

（４）以下の数が共に整数ならば、斜交格子系の全格子点は整数座標をとる。

$w\cdot x1/(x1\cdot x2+y1\cdot y2)$,

$h\cdot y1/(x1\cdot x2+y1\cdot y2)$

なお、（３）の値は、長方形の面積を、斜交格子系内にある平行四辺形の面積で割ることによって得ることができる。

【００５４】例えば、斜交格子系Ｋ｛(７２，８４)，（７，２)，(４，－２)｝は、図１１に示すようになる。図１１では、便宜的に格子点に黒点を付して示している。また、性質１の（１）～（３）より、

・平行直線群の角度：$\tan^{-1}(1/3)$，$\tan^{-1}(-7/12)$

・平行直線間の距離：１１．３８４…，１６．５４５…

・格子点数　　　　：２４（図１１の黒点に相当）

となり、性質１の（４）の数を計算すると、共に整数ゆえ、全格子点は整数座標をとる。

【００５５】上述のようにして得られた斜交格子系は、先述した通り平面をタイルで覆うことができるため、スクリーンのマトリックスとして使用することが可能である。以下、この斜交格子系をそのまま斜交網点スクリーンに使用するための方法と、その際の性質、さらには具体的なアルゴリズムについて述べる。

【００５６】斜交格子系Ｋ｛(ｗ，ｈ)，(ｘ１，ｙ１)，（ｘ２，ｙ２)｝を斜交スクリーンへ適用するために、先ず、横幅ｗ、縦幅ｈ（ｗ，ｈは正の整数）の空のスクリーンマトリックスを用意する。そして、斜交格子系Ｋ｛(ｗ，ｈ)，(ｘ１，ｙ１)，(ｘ２，ｙ２)｝内の格子点をこの空のスクリーンマトリックスへ写像する。この際に、斜交格子系の格子点が整数座標をとっている場合には、そのままマトリックス内に置き換えれば良いが、整数座標値をとらない場合には、格子点の座標値に最も近い整数座標をマトリックス内の格子点として採用する。

【００５７】以上により、スクリーンマトリックス内に格子点が定められる。後は、この格子点から網点を成長させていき、最終的にスクリーンマトリックスを得る。

【００５８】ここで、斜交格子系Ｋ｛(ｗ，ｈ)，(ｘ１，ｙ１)，(ｘ２，ｙ２)｝から、サイズがｗ×ｈの解像度ｄｗ×ｄｈ［dot/inch］用斜交網点スクリーンマトリックスを作成するとする。このとき、先の性質１から次のことが言える。すなわち、斜交格子系Ｋ｛(ｗ，ｈ)，(ｘ１，ｙ１)，(ｘ２，ｙ２)｝から、サイズｗ＊ｈの斜交スクリーンを作成し、解像度ｄｗ×ｄｈ［dot/inch］で出力するとき、出力されるスクリーンは以下の性質を持つ（以下、これを性質２と称する）。

【００５９】・斜交格子角（単位：度）：

$\tan^{-1}(dw\cdot h\cdot y1/dh\cdot w\cdot x1)$,

$\tan^{-1}(dh\cdot w\cdot y2/dw\cdot h\cdot x2)$

・線数（単位：線／inch）：

$\sqrt{(dh^2 w^2 x1^2+dw^2 h^2 y1^2)}/w\cdot h$,

$\sqrt{(dw^2 h^2 x2^2+dh^2 w^2 y2^2)}/w\cdot h$

・分解能（単位：dot／平方inch）：

$dw\cdot dh\ (x1\cdot x2+y1\cdot y2)/w\cdot h$

・全体での相当線数（単位：線／inch）：

$\sqrt{dw\cdot dh\ (x1\cdot x2+y1\cdot y2)/w\cdot h}$

【００６０】このように、斜交スクリーンでは、一つのマトリックス内に異なる２つの角度と線数が含まれている。また、特に２つの線数の差が大きい場合には、直交スクリーンと単純に線数の比較ができなくなる場合がある。そのため、「１平行ｉｎｃｈあたりのドット量」の概念を、分解能を図る指標として導入し、この値の平方根をマトリックス全体での相当線数とする。

【００６１】上記の式を用いれば、サイズｗ＊ｈの解像度ｄｗ×ｄｈ〔dot/inch〕用斜交網点スクリーンを作成する際に、目的の網点角度、線数を満たすようにパラメータｘ１，ｘ２，ｙ１，ｙ２を選ぶことができる。また、性質１の（４）を用いれば、斜交格子系の格子点が全ての整数座標となる条件を判断できる。斜交格子系の格子点が全て整数座標であると、後で述べるように、マトリックス全体の生成が行いやすく、出力画像が良好であるという性質がある。

【００６２】また、より一般に、斜交格子系Ｋ｛(ｗ，ｈ)，(ｘ１，ｙ１)，(ｘ２，ｙ２)｝のパラメータを変動させて調べることにより、目的の網点角度、線数、スクリーンサイズを満たし、かつ整数座標をとるスクリーンマトリックスが存在するかどうかを調べることも可能である。このようにして、最適な条件をあらかじめ求めた上で、スクリーンマトリックスを作成することが可能である。

【００６３】なお、性質２において、２つの斜交角に関する線数が共に全体での相当線数よりも大きくなる場合があるが、この場合には、擬似的に別の角度の格子が低線数で入ってくる場合があるので注意が必要である。一般には、２つの斜交角に関する２つの線数の間に、全体での相当線数が挟まれるような斜交格子系が好ましいと言える。

【００６４】図１１の斜交格子系Ｋ｛(７２，８４)，（７，２)，(４，－２)｝から２４００ｄｐｉ用７２×８４サイズ斜交スクリーンマトリックスを作成すると、

・斜交格子角度：$\tan^{-1}(1/3)$，$\tan^{-1}(-7/12)$

・線数：２１１，１４５［線／inch］

・分解能：２２８５７〔dot／平方inch］

・全体での相当線数：１５１〔線／inch］相当

となり、性質１の（４）の数を計算すると、共に整数ゆえ、全格子点は整数座標をとる。

【００６５】続いて、実際に、上記の斜交格子を用いて斜交スクリーンを作成するアルゴリズムについて述べる。本アルゴリズムは、次の３ステップからなる。すなわち、斜交スクリーンを作成するには、図１２のフローチャートに示すように、パラメータを準備する工程（ステップＳ１１）と、斜交格子系をマトリックス内に作成する工程（ステップＳ１２）と、マトリックス内に作成された斜交格子系の格子点から網点を成長させ、全階調を割り当てる工程（ステップＳ１３）の各処理を実行する。以下、各工程での処理について具体的に説明する。

【００６６】先ず、パラメータを準備する工程（ステップＳ１１）では、斜交格子系のパラメータおよびスクリーンパラメータとして、以下の数を変数として導入する。

（１）マトリックスサイズ：ｗ＊ｈ
（２）斜交格子パラメータ１：ｘ１，ｙ１
（３）斜交格子パラメータ２：ｘ２，ｙ２
（４）スクリーンの全階調数：ｃｏｌＳ
（５）微調整パラメータ：（α１，α２）　（０＜α１，α２＜１）
（６）総格子点数：ｄｎ＝ｘ１＊ｘ２＋ｙ１＊ｙ２
（７）斜交格子周期１：ｇｃｄ（ｘ１，ｙ１）　（ｇｃｄ（ｘ，ｙ）は、ｘ，ｙの最大公約数）
（８）斜交格子周期２：ｇｃｄ（ｘ２，ｙ２）　（実際には使用しない）
（９）ドット間ステップ量１：（ｄｘ１，ｄｙ１）＝｛(ｗ＊ｘ１)/ｄｎ，
（ｈ＊ｙ１)/ｄｎ｝
(10) ドット間ステップ量２：（ｄｘ２，ｄｙ２）＝｛(ｗ＊ｙ２)/ｄｎ，
（ｈ＊ｘ２)/ｄｎ｝
(11) １階調あたりの総ドット数：ｄｓ＝（ｗ＊ｈ）／ｃｏｌＳ

【００６７】ここで、ドット間ステップ量は、図１３に示すように、斜交格子を構成する単位ベクトルに相当するベクトルである。先述した性質１の（４）の２つの数値は、ｄｘ１，ｄｙ１を意味している。

【００６８】次に、斜交格子系をマトリックス内に作成する工程（ステップＳ１２）での処理について、図１４のフローチャートを用いて説明する。

【００６９】本工程においては、マトリックス内に斜交格子系Ｋ｛(ｗ，ｈ)，(ｘ１，ｙ１)，(ｘ２，ｙ２)｝の格子点を定めるに際し、先ず、ドット位置のカウント数Ｃを０にするとともに、仮ドット位置として（ｘ，ｙ）＝（－ｄｘ１－ｄｘ２＋α１，－ｄｙ１－ｄｙ２＋α２）を与え（ステップＳ２１）、次いでカウント数Ｃをインクリメントする（ステップＳ２２）。

【００７０】次に、Ｃ－１がｄｎ／ｇｃｄ（ｘ１，ｙ１）で割り切れるか否かを判断し（ステップＳ２３）、割り切れないと判断した場合は、（ｘ，ｙ）＝｛(ｘ＋ｗ＋ｄｘ１）％ｗ，（ｙ＋ｈ＋ｄｙ１）％ｈ｝とし（ステップＳ２４）、次いでマトリックス内の｛(ｉｎｔ）ｘ，（ｉｎｔ）ｙ｝座標を格子点として採用する（ステップＳ２５）。

【００７１】また、ステップＳ２３で割り切れると判断した場合は、（ｘ，ｙ）＝（ｘ＋ｄｘ２，ｙ＋ｄｙ２）とし（ステップＳ２６）、しかる後ステップＳ２４に移行する。以上の一連の処理を、ステップＳ２７でＣ＝ｄｎ（１階調あたりの総ドット数）と判断するまで繰り返す。

【００７２】上述した一連の処理により、第１番目のドット位置としては、仮ドット位置に（ｄｘ１，ｄｙ１）を加え、さらに（ｄｘ２，ｄｙ２）を加えた点、即ち点（α１，α２）を定める。第２番目のドット位置としては、第１番目のドット位置に（ｄｘ１，ｄｙ１）を加えた点を定める。一般には、第ｎ番目の点として、第ｎ－１番目の点に（ｄｘ１，ｄｙ１）を加えた点を定める。

【００７３】但しこのとき、ｘ座標値がｗを上回った場合、周期環境の条件により、座標値からｗを減じた値を採用する（ｙ座標に関しても同じ）。また、格子点を定めて行く際に、ｄｎ／ｇｃｄ（ｘ１，ｙ１）個の格子点ごとに、（ｄｘ２，ｄｙ２）を座標値に加える（これは、既に定めた格子点の上に別の格子点が重なるのを防ぐための処理である）。この際にも、座標値が（ｗ，ｈ）を超したら、周期境界位置のドットに直す。

【００７４】以上の処理により、マトリックス内にｄｎ個の格子点を得ることができる。この斜交格子系をマトリックス内に作成する手法は、概念的には、斜交格子系から直角三角形を作成し、その斜辺をｄｎ等分し、等分点の各座標をマトリックス内に埋め込んで、格子点とするというようなモデルで考えることができる。

【００７５】例えば、斜交格子系Ｋ｛(ｗ，ｗ)，(３，１)，(４，１)｝、Ｋ｛(ｗ，ｗ)，(４，２)，(４，１)｝からマトリックスを得る際のアルゴリズムの概念について説明する。それぞれ、斜交格子の（３，１）成分、（４，２）成分方向への直角三角形を作成する。

【００７６】斜交格子系Ｋ｛(ｗ，ｗ)，(３，１)，(４，１)｝の場合は、図１５（Ａ）に示すように、底辺が３ｗとｗの直角三角形の斜辺を１３個（＝３＊４＋１＊１）に分割し、三角形の左下の点をマトリックスの左下の点として、各分割点を三角形の左下の点から順番にマトリックスに落とす。その際に、ｘ座標値がｗよりも大きくなったらその値からｗを減じる。このようにして、マトリックス上に格子点を作成する。一般には、ｙ座標がマトリックスの高さｈを超える場合があり、その場合は同じくその値からｈを減じる。

【００７７】斜交格子系Ｋ｛(ｗ，ｗ)，(４，２)，(４，１)｝の場合は、図１５（Ｂ）に示すように、底辺が４ｗ

と２ｗの直角三角形の斜辺を１８個（＝４＊４＋２＊１）に分割し、同様に分割点をマトリックスに落とす。この場合は、左下から数えて９番目（＝ｄｎ／ｇｃｄ（ｘ１，ｙ１）＝１８／２）の点までは、先ほどと同様にマトリックスに落とすことができるが、１０番目の点は１番目の点、即ち（０，０）と重なってしまう。

【００７８】したがって、第１０番目の点をマトリックスに落とす際には、それぞれｘ，ｙ座標値にｄｘ２，ｄｙ２を加算して、位相をずらしたものを用いる。なお、ｄｘ２，ｄｙ２はもう一つの平行格子パラメータ（４，１）から得られる底辺４ｗ，ｗの直角三角形の斜辺を１８等分した際のステップ量に相当している。以降の点も同様に位相をずらして点を作成する（図１５（Ｂ）の白点に相当）。このようにしてマトリックス上に格子点を作成する。

【００７９】一般に、斜交格子系Ｋ{(ｗ，ｈ)，(ｘ１，ｙ１)，(ｘ２，ｙ２)}を作成する際に、直角三角形の概念を当てはめると、図１６に示すような三角形を用いることとなる。三角形の斜辺上にあるｄｎ＝ｘ１＊ｘ２＋ｙ１＊ｙ２個の格子点（格子点間隔（ｄｘ１，ｄｙ１））をマトリックス内に移して行く際には、ｄｎ／ｇｃｄ（ｘ１，ｙ１）個の格子点ごとに、以降の全格子点を（ｄｘ２，ｄｙ２）だけシフトして配置していく。

【００８０】次に、マトリックス内に作成された斜交格子系の格子点から網点を成長させ、全階調を割り当てる工程（ステップＳ１３）での処理について説明する。

【００８１】この工程では、ステップＳ１２でマトリックス内に定められたｄｎ個の格子点からドットを成長させることによって全階調に対応する閾値を定める。１階調あたりのドット数ｄｓ分だけ各ドットを成長させながら、閾値を作成していく。通常のスクリーンでは、全階調数２５６にとる。

【００８２】なお、本工程においては、黒ドットを徐々に成長させる方式について述べたが、スクリーン全体で黒ドットと白ドットの対称性を良くする、即ちハイライト部（低濃度部）とシャドー部（高濃度部）のドット配置特性を対称的にする方が、ハーフトーン化が安定することがある。

【００８３】したがって、このようなスクリーンを作成する場合には、ステップＳ１２で得られた全ての黒ドット用の格子点を、{(ｄｘ１＋ｄｘ２)/2,(ｄｙ１＋ｄｙ２)/2}＝{(ｗ・（ｘ１＋ｙ２)/2ｄｎ，ｈ・（－ｘ２＋ｙ１)/2ｄｎ}だけシフトして、周期境界を考慮した位置に白ドット（ＯＦＦドット）発生用の格子点をｄｎ個作成する。このとき、黒ドットに対する白ドットの位置関係は、図１７に示すようになっている。このようにして、あらかじめ黒ドット、白ドット用の格子点をそれぞれｄｎ個用意して、黒ドット、白ドットを交互に成長させてゆけば良い。

【００８４】例えば、斜交格子系Ｋ{(６４，３２)，(８，８)，(１２，４)}から６００ｄｐｉ用スクリーンを作成すると、

・格子点数：１２８
・斜交格子角度：tan^{-1}（１／２），tan^{-1}（２／３）
・線数：１６８，１３５［線／inch］
・分解能：２２５００[dot／平方inch]
・全体での相当線数：１５０[線／inch］相当

となり、性質１の（４）の数（ドット間ステップ量１）を計算すると、共に整数ゆえ、全格子点は整数座標をとる。

【００８５】ここでは、通常のスクリーンで用いられる２５６階調のスクリーンを作成するとする。

・スクリーンの全階調数：ｃｏｌＳ＝２５６
・微調整パラメータ：（α１，α２）＝（０，０）（全格子点が整数座標ゆえ、微調整はしない）

【００８６】上記パラメータから以下の数が算出される。

・斜交格子周期１：８
・斜交格子周期２：４
・ドット間ステップ量１：（ｄｘ１，ｄｙ１）＝（４，２）
・ドット間ステップ量２：（ｄｘ２，ｄｙ２）＝（２，３）
・１階調あたりの総ドット数：ｄｓ＝８

【００８７】以上のパラメータから、ステップＳ１３での処理にしたがってスクリーンマトリックスを作成する。図１８に、斜交格子系Ｋ{(６４，３２)，(８，８)，(１２，４)}の格子点配置を示す。

【００８８】ドット間距離パラメータ（ｄｘ１，ｄｙ１)，(ｄｘ２，ｄｙ２）が共に整数値をとる場合、マトリックス内の格子点は規則的に並ぶ。このような場合は、次に述べる方法で網点を成長させると良好なドット配置が得られる。

【００８９】先ず、ドット間距離パラメータ（ｄｘ１，ｄｙ１)，(ｄｘ２，ｄｙ２）が整数値の場合の網線成長法について述べる。

【００９０】既に述べたように、斜交格子系を用いたスクリーンの場合、角度ごとに異なる線数が現れる。仮に各ドットを網点状に成長させて行くと、やがて低線数方向にドットがつながり始め、主に低線数側が目立つようになる。そこで、高線数側にライン状に成長させるという方式を用いて、できるだけ高線数側が主体になるような成長法を採ることとする。

【００９１】ドット間距離パラメータが整数値の場合、各網点の成長法はすべて同じにできる。したがって、決める必要があるのは、以下の２つである。

①ドットの成長法（一つのドットに関して定めればあとはすべて同じ）
②各ドットの成長順

上記①に関しては斜交格子系のパラメータに基づき、一例とじてライン型になるようにし、上記②に関してはブルーノイズマスク的な手法を用いてできるだけマトリックス全体で均一に成長させるようにする。以下に、①，②の各アルゴリズムについて説明する。

【0092】①ドットの成長法
斜交格子系K{(w，h)，(x1，y1)，(x2，y2)}の（x1，y1）方向の格子をラインで結ぶ形でドット成長させる。斜交格子系内から一つの格子点A＝（ax，ay）を選び、（x1，y1）方向に見て、つなぐ先の格子点B＝（bx，by）を選ぶ。

【0093】先ず、図19に示すように、点Aと点Bとを結ぶ直線f（x）を作成し、
x＝ax＋q，ax＋1＋q，ax＋2＋q，
…，bx−1＋q　（q＝0．5）
に関して、点（x，f(x))を走査し、この点が含まれるドットに順番を0番から付けていく。x＝bx−1＋qが終了したら、点Aと点C＝（cx，cy）を直線で結び、この直線上で点Aから距離αの地点を通るように直線f（x）を平行移動させる。

【0094】直線ACと今平行移動させた直線f（x）の交点を始点として、先ほどと同様に、x軸方向に1ずつ直線上を走査して番号を付けていく。このとき、既に番号がつれられたドットに関しては新たに番号付けを行わないようにする。全ての点を調べ終えたら、直線f（x）を再び点Cの方向にαだけ平行移動させて同様の走査を行う。

【0095】以上の走査は、番号付けされたドット数がdn／2＝（x1＊x2＋y1＊y2）／2になったら一旦終了する。次に、白ドットに関しても同様の方法でドット成長をさせ、dn／2個のドットに番号付けをしていく。以上により、各ドットのライン型成長法が定められる。

【0096】なお、ドットの成長法①においては、上記アルゴリズムを用いずに、好ましいドット成長法を任意に用いるようにしても良い。

【0097】②各ドットの成長順
黒ドット、白ドットともに成長法則が定められたので、今度は、マトリックス内にあるdn個のドットの成長する順番を決める必要がある。階調数colSのマトリックスを作成する場合、各閾値はマトリックス内にw＊h／colSだけ定める。dn＝w＊h／colSであれば網点の成長はたやすいが、そうでない場合には、マトリックス全体で濃度を調整する手法が必要になる。

【0098】そこで、先ずマトリックス内のdn個の全黒ドットに、0からdnまでの順番を以下の法則を用いて割り振ってゆき、この順番と先のドットの成長法で定めた各網点の成長法を組み合わせて閾値決定を行う。このようにしてマトリックス内の格子点に順番を与えていく。マトリックス内の格子点全体の集合をKとおく。また、マトリックス内には周期境界条件を付けて、ユークリッドの距離を入れておく。その具体的な処理手順について、図20のフローチャートに沿って説明する。

【0099】先ず初めに、0からdn−1までの閾値を決定していく順番をp（n）（n＝0，…，dn−1）で決める（ステップS31）。ここで、p:{0，…，dn−1}→{0，…，dn−1}は一対一写像とする。次に、マトリックス内のdn個の格子点に0からdn−1までの番号を、同じ番号が重複しないようにランダムに与える（ステップS32）。

【0100】閾値決定の一番はじめとして、n＝0，チェック値Ch＝0とし（ステップS33）、q＝p（n）＋1とおく（ステップS34）。続いて、閾値p（n）に対応する画素Pを選び、クラスター量Cl（P，p（n），q）を測定する（ステップS34）。その後、閾値qに対する画素Qを選び、PとQの閾値を入れ換え（ステップS36）、点Qのクラスター量Cl（Q，p（n），q）を測定する（ステップS37）。

【0101】そして、画素Pのクラスター量Cl（P，p（n），q）と画素Qのクラスター量Cl（Q，p（n），q）とを比較する（ステップS38）。ここで、Cl（P，p（n），q）＜Cl（Q，p（n），q）ならば、元の閾値の方がドット間距離が安定しているということになるため、再びPとQの閾値を入れ換えて元の状態に戻す（ステップS39）。その後、q＝dn−1になったか否かを判断し（ステップS40）、q≠dn−1であれば、q＝q＋1とし（ステップS41）、しかる後ステップS35に戻って上述した一連の処理をq＝dn−1になるまで続ける。

【0102】ステップS38でCl（P，p（n），q）≧Cl（Q，p（n），q）と判定した場合は、Qの方が良い閾値配置ということになるため、このままQをPに入れ換えてしまう。そして、一度でもPとQが入れ替わったならば、チェック値Ch＝1とする（ステップS42）。q＝dn−1となったら、続いてn＝dn−1になったか否かを判断する（ステップS43）。n≠dn−1であれば、n＝n＋1とし（ステップS43）、しかる後ステップS34に戻って上述した一連の処理をn＝dn−1となるまで繰り返す。

【0103】そして、n＝dn−1になったならば、全閾値のより良い場所への再配置が終わったことになるが、ステップS45でCh＝1と判定した場合は、ステップS33に戻り、再びn＝0として上述した一連の処理を繰り返す。Ch≠1、即ちCh＝0の場合には、全ての閾値が動かなかったことになるため、収束状態とみなし、閾値決定のための一連の処理を終了する

【0104】上述した処理において、点P∈Kのクラスター量Cl（P，p（n），q）は次で定める。以下において、d（P，Q）は点Pと点Q間の距離を表し、val（P）は点Pの閾値を表す。

【0105】　＊　＊【数2】

$$Cl(P,p(n),q)=\sum_{i=p(n)}^{q} cl(P,i)\ ,$$

$$\text{where } cl(P,i)=\sum\{f(P,Q,i)\mid Q\in K,\ d(P,Q)<2r(i+1),\ val(Q)<i\}\ ,$$

$$\text{where } r(n)=2^{-\frac{1}{2}}\cdot 3^{-\frac{1}{4}}\cdot n^{-\frac{1}{2}}\cdot w^{\frac{1}{2}}\cdot h^{\frac{1}{2}}\ ,$$

$$\text{where } f(P,Q,i)=2\cos^{-1}\left(\frac{l}{2r}\right)-\frac{l}{r}\sqrt{1-\left(\frac{l}{2r}\right)^2}\ ,\ \text{where } l=d(P,Q),\ r=r(i+1)$$

【0106】クラスター量Ｃｌ（Ｐ，ｐ（ｎ），ｑ）は、点Ｐにおいて濃度ｉをｐ（ｎ）からｑまで変化させたときの各閾値でのクラスター量ｃｌ（Ｐ，ｉ）の和で定められる。各閾値でのクラスター量ｃｌ（Ｐ，ｉ）は、マトリックス内の格子点のうち、閾値ｉ以下の点を中心に理想半径値ｒ（ｉ）の円を作成した際に、点Ｐを中心とする円と交わった円の、交わり面積の総和で定義する。

【0107】ここで、理想半径値ｒ（ｉ）は、サイズｗ＊ｈの周期境界を持った長方形内にｉ＋１個の円を交わらないように配置する際に、円の半径をできるだけ大きくとるときの近似値である。図２１は、ｃｌ（Ｐ，ｉ）値の計算の概念図である。クラスター量Ｃｌ（Ｐ，ｐ（ｎ），ｑ）は、ｐ（ｎ）＜ｉ＜ｑなるｉに関してｃｌ（Ｐ，ｉ）を求めて総和をとったものである。

【0108】ここにおいて、閾値ｐ（ｎ）とｑを入れ換えた際に、閾値ｐ（ｎ）とｑの間のクラスター量を計算する理由を述べる。図２２に示すように、閾値ｐ（ｎ）とｑを入れ換えた際に、実際のハーフトーンのパターンが変化するのは閾値ｐ（ｎ）とｑの間の領域のみである。そこで、この閾値ｐ（ｎ）とｑの間の全閾値に対して、閾値ｐ（ｎ）とｑを交換した際のドット配置の良さを測定して、和をとるという操作を行う。

【0109】ところで、上記のクラスター量ｃｌ（Ｐ，ｉ）の計算においては、白ドットと黒ドット別にクラスター量を測定する場合には、閾値の変形を行えば良い。その際に、理想半径値ｒ（ｉ＋１）も対象とするドットの個数に応じて変化させる。また、ｆ（Ｐ，Ｑ，ｉ）値は単純な円の重なり部分の面積を求める式であるが、ドット数が増大してくると、マトリックスが離散空間であることに起因して、ドット配置に強い制約が掛かってくる。

【0110】そのため、最適半径値よりも少し大きな値を用いるか、一定範囲内で積分したものをｆ（Ｐ，Ｑ，ｉ）に用いる方が良い場合があり、こうした値を利用することも可能である。このように、クラスター量の決定を行う関数は、マトリックスの離散的特性に応じて変形した方がより良い結果が得られる場合があり、適当な方法を採るようにする。

【0111】以上のようにして、マトリックス内に定義※された格子点の成長法（成長順）が定められ、ｄｎ個の各格子点には0からｄｎ−１までの番号が一意に割り当てられる。以降の処理では、これらを用いて最終的な閾値マトリックスの作成が行われる。

【0112】先ず、閾値マトリックス内の全点（ｘ，ｙ）に、先のドットの成長法で定められた成長順番号ｐを振る。このとき、０からｗ＊ｈ／ｄｎ−１までの値がそれぞれｄｎ個割り振られることになる。次に、閾値マトリックス内の各格子点に先のドットの成長順で定められた番号ｑを振り、各格子点の第１成長点から第ｗ＊ｈ／ｄｎ成長点までにもそれぞれ同じ番号ｑを振る。

【0113】この時点で、閾値マトリックス内の全点にはｐとｑの２種類の番号が割り与えられている。そこで、マトリックス内の全点に対して、新たにｑ（ｐ＋１）という番号を割り当て直す。これによって、閾値マトリックス内には0からｗ＊ｈ−１までの番号が一意に割り当てられる。最後に、閾値に割り当てられた値を階調数ｃｏｌＳで割った値の整数部分を最終的な閾値として採用する。こうして、階調数ｃｏｌＳの閾値マトリックスが得られる。

【0114】また、容易にわかるように、網点の成長順の順序と網点の選択順の順序から、閾値マトリックス内の全ての画素にユニークに優先順位を付けることができる。つまり、全部の画素を番号順に並べることができる。そこで、その番号順に適宜ドットを選択していくことで、閾値の数が異なるようなマトリックスを得ることも可能である。

【0115】次に、ドット間距離パラメータ（ｄｘ１，ｄｙ１），（ｄｘ２，ｄｙ２）が非整数値の場合の網線成長法について述べる。ドット間距離パラメータが非整数の場合、概念的には、Ａｄｏｂｅのスーパーセル方式スクリーンでのセルサイズ不均一の問題と同様の問題が発生するが、ここでは単純に、格子点が非整数座標となる場合の網点成長法について簡単に述べる。

【0116】先ず、斜交格子系からマトリックス内に格子点を作成する際には、斜交格子点に最も近い整数座標値をマトリックス内の格子点として採用する。次に、網点成長法に関しては、指数座標値をとる場合とは違って、各ドットをすべて均一の成長順にすることはできない。

【０１１７】そこで、先ず各ドットの２番目の成長点として、既に定めたマトリックス内の格子点以外で、斜交格子系の格子点に最も近い点をそれぞれ選び、以下３番目の成長点、４番目の成長点に関しても同様に、まだマトリックス内で選ばれていない点で、斜交格子系の格子点に最も近い点を選んでいく。こうして全ての点を選び終えたら、上記と同様の方法で網点の成長順を決めて、最終的な閾値マトリックスを得ることができる。
【０１１８】ここで、一例として、斜交格子系Ｋ{(６４，６４),(１０，８),(８，６)}から階調数２５６の１２００ｄｐｉ用スクリーンを作成するものとする。
【０１１９】斜交格子において（８，６）の成分の方向にライン型となるように網点を成長させる。この場合の線数は約１８８線となる。対象とするＩＯＴで出力して、閾値調整量Ｎｂ，Ｎｗを求め、Ｎｂ＝７，Ｎｗ＝３が得られたとする。マトリックス内の格子点数ｄｎがｄｎ＝１０＊８＋８＊６＝１２８だから、網点成長量ｄｓは式（１）、式（２）より、
ｄｓ＝｛６４・６４－（７+３）・１２８｝／２５６＝１１
となる。
【０１２０】また、初期階調数ｃｏｌＳは、式（３）より、
ｃｏｌＳ＝（ｉｎｔ）（６４＊６４／１１）
＝（ｉｎｔ）３７２．３６３６…
＝３７２
となる。したがって、初期階調数ｃｏｌＳを３７２で一旦仮決定しておく。
【０１２１】このとき、ｗ・ｈ／ｄｓの切り捨て分の誤差に相当するＡｂ，Ａｗは、（４）式、（５）式より、
Ａｂ＝128*7-(int)(11*(double)((int)((double)(128*7)/11)))＝５
Ａｗ＝128*3-(int)(11*(double)((int)((double)(128*3)/11)))＝10
となり、全部で１５ドット分の誤差が発生する。また、最終的な初期階調数ｃｏｌＳは、（６）式より、
ｃｏｌＳ＝３７２－（ｉｎｔ）((５+１０）／１１)＝３７１
となる。
【０１２２】以上を求めてから、上記閾値再配置手順にしたがって初期閾値マトリックスを作成する。すなわち、初期閾値マトリックスの切り捨て閾値Ｏｂ，Ｏｗを（７）式、（８）式より求めると、
Ｏｂ＝（ｉｎｔ)(１２８＊７／１１＝８１
Ｏｗ＝３７１－１－（ｉｎｔ)(１２８＊３／１１）＝３３６
となる。そして、この切り捨て閾値Ｏｂ，Ｏｗから、最終閾値マトリックスを作成する。
【０１２３】最終閾値マトリックス内の閾値の配分量は、以下のようになる。
・閾値０：９０７個所（＝８２＊１１+５）
・閾値ｊ(j=1,…，254)：２７９４個所（＝２５４＊１１）
・閾値２５５：３９５個所（＝３５＊１１+１０）
ここで、９０７+２５４＊１１+３９５＝４０９６＝６４＊６４であり、マトリックス内の全画素数に一致する。
【０１２４】このスクリーンを用いてグラデーションを二値化したものが、図２３（Ｂ）である。図２３（Ｂ）では、スクリーンの成長はライン型としている。図２３（Ａ）は、通常のスクリーン、即ち同じ斜交格子系から単純に２５６階調スクリーンマトリックスを作成し、二値化したものである（この例では、網点の成長形状は異なっている）。
【０１２５】閾値調整したスクリーンでは、濃度１の時点でかなりのＯＮドットが乗っているが、このドット量は対象とするＩＯＴで出力したときに、紙に出力されるか、出力されないかといった状態になっている。ＯＦＦドットに関しても全く同じことが言える。
【０１２６】上記の例では、網点形状としてライン型を選んでいるが、これには斜交格子系の片方の線数を強調する目的もあるが、もう一つは網点の接触点で現れる濃度ジャンプを防ぐという目的がある。
【０１２７】図２３（Ａ）のようなドット成長型のスクリーンでは中間調近辺で網点が接触を始める部分（網点の位相構造が変化する部分）で濃度ジャンプが現れやすい。一方、図２３（Ｂ）のようなライン型成長形の場合には、ＯＮ網点、ＯＦＦ網点がライン形状につながった後はドットの接触が無く、中間調の濃度変化がなめらかである。
【０１２８】さらに本手法を用いると、特に高解像度の場合には、閾値調整量Ｎｂ，Ｎｗの値が大きくなる傾向がある。この場合には、図２３（Ｂ）に示すように濃度０%、１００%の時点で既に網点がライン型になっており、図２３（Ｂ）を見てもわかるように、網点の位相構造の変化が無い。したがって、紙に出力すると、なめらかなグラデーションを得ることができる。故に、本手法を用いて閾値マトリックスを作成する際に、スクリーン形状をライン型にすると、特に高解像度では効果的である。
【０１２９】図２３のスクリーンを、実際にそれぞれ各濃度のパッチを作成して対象ＩＯＴで出力し、濃度を測定した結果を図２４に示す。なお、ハーフトーン画像は１２００×１２００ｄｐｉで作成しているが、これを対象ＩＯＴ内部で６００×４８００ｄｐｉに変換する処理を行ってから出力している。この場合、見かけ上は、１２００×１２００ｄｐｉで作成された画像と同じ網点形状をとっている。
【０１３０】閾値調整したスクリーンは、意図した通り閾値０の時点から少しずつ階調が増していっているのが

わかる。これに対して、閾値調整をしない従来方式のスクリーンは、ハイライトの濃度の立ち上がりが遅く、閾値50くらいまでの間の値はまったく無駄になってしまっている。

【0131】実際の出力結果を図25および図26に示す。図25は、閾値調整ありの場合の出力結果を、図26は閾値調整なしの場合の出力結果をそれぞれ示している。図25と図26の対比から明らかなように、閾値調整を行わない場合（図26）には、ドットが接触し始める部分で濃度ジャンプが発生し、またハイライト部でドットの飛びが、シャドー部でつぶれが生じるのに対して、閾値調整を行った場合（図25）には、これらを大幅に改善できる。

【0132】このように、本閾値マトリックス作成法を用いて最終閾値マトリックスを作成し、これを用いてハーフトーン化処理を行うことにより、ＴＲＣ補正などを行う以前に、スクリーンを掛けた時点で、ハイライト部、シャドー部の再現性を上げることができ、階調数を充分に確保することができる。したがって、この後でＴＲＣ補正を掛けるにしても、本方式の方がより滑らかなグラデーションを得ることが可能である。

【0133】また、本方式では、あらかじめ階調数を多めにとることになるが、初期閾値マトリックスの生成に際して、先述したように、ブルーノイズ網点を用いるようにしていることにより、階調数を自由に変えることができるため、必要数分だけ階調数をとることがたやすいという利点もある。

【0134】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、スクリーンの線数が減ったり、濃度変化特性が不均一になったりすることなく、出力画像の濃度再現性を上げることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】　本発明の一実施形態に係る画像処理装置の構成の概略を示すブロック図である。

【図2】　二値化処理部の構成の一例を示すブロック図である。

【図3】　閾値調整した閾値マトリックスを生成するための処理手順を示すフローチャートである。

【図4】　ＯＮ網点の出力テスト例を示す図である。

【図5】　初期閾値マトリックスの閾値配分を示す図（その1）である。

【図6】　初期閾値マトリックスの閾値配分を示す図（その2）である。

【図7】　閾値の再振り分けの概念図である。

【図8】　本実施形態に係る手法で作成した閾値マトリックスの閾値例を示す図である。

【図9】　平面上に作成した斜交格子を示す図である。

【図10】　斜交格子系を作成する説明図である。

【図11】　斜交格子系Ｋ｛(７２，８４)，(７，２)，(４，−２)｝を示す図である。

【図12】　斜交スクリーンを作成するアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図13】　ドット間ステップ量を示す図である。

【図14】　斜交格子系をマトリックス内に作成する処理手順を示すフローチャートである。

【図15】　斜交格子系Ｋ｛(ｗ，ｗ)，(３，１)，(４，１)｝とＫ｛(ｗ，ｗ)，(４，２)，(４，１)｝の直角三角形表現の概念図である。

【図16】　斜交格子系Ｋ｛(ｗ，ｈ)，(ｘ１，ｙ１)，(ｘ２，ｙ２)｝の直角三角形の概念図である。

【図17】　黒ドット格子点に対する白ドット格子点の位置関係を示す図である。

【図18】　斜交格子系Ｋ｛(６４，３２)，(８，８)，(１２，４)｝の格子点配置を示す図である。

【図19】　ドットの成長法の説明図である。

【図20】　各ドットの成長順を決定する処理手順を示すフローチャートである。

【図21】　クラスター量ｃｌ（Ｐ，ｉ）値の計算の概念図である。

【図22】　閾値ｐ（ｎ）とｑを交換した際にパターンが変化する領域を示す図である。

【図23】　通常スクリーン（Ａ）と閾値調整後のスクリーン（Ｂ）を用いてグラデーションを二値化した結果を示す図である。

【図24】　通常スクリーン（Ａ）と閾値調整後のスクリーン（Ｂ）の濃度変化を示す図である。

【図25】　閾値調整ありの場合の出力結果を示す図である。

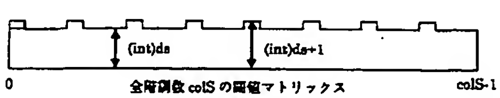
【図26】　閾値調整なしの場合の出力結果を示す図である。

【図27】　従来技術に係る手法で作成した閾値マトリックスの閾値例を示す図である。

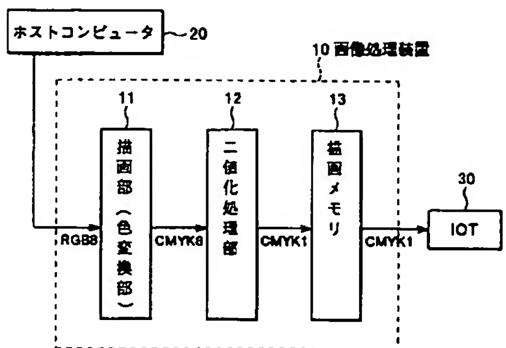
【符号の説明】

１０…画像処理装置、１１…描画部（色変換部）、１２…二値化部、１３…描画メモリ、２０…ホストコンピュータ、２１…閾値マトリックス記憶部、２２…比較部、３０…画像出力部（ＩＯＴ）

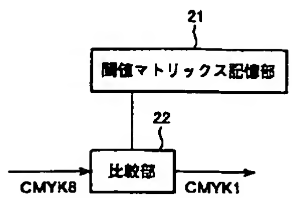
【図5】



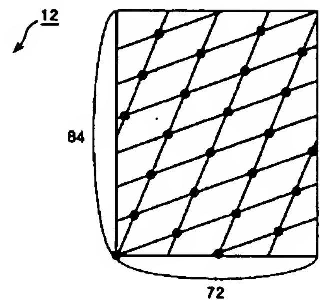
【図1】



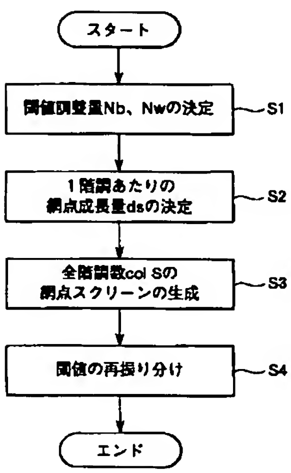
【図2】



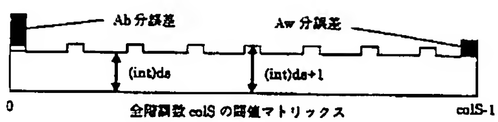
【図11】



【図3】



【図6】



【図8】

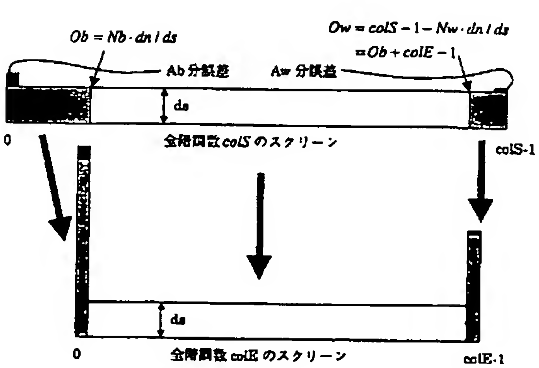
(A)

21	17	9	16	22	21	17	9	16	22	21	17	9	16	22
13	7	6	8	18	18	7	6	8	18	13	7	6	8	18
10	4	0	1	12	10	4	0	1	12	10	4	0	1	12
19	5	2	3	14	19	5	2	3	14	19	5	2	3	14
23	15	11	20	24	23	15	11	20	24	23	15	11	20	24
21	17	9	16	22	21	17	9	16	22	21	17	9	16	22
13	7	6	8	18	13	7	6	8	18	13	7	6	8	18
10	4	0	1	12	10	4	0	1	12	10	4	0	1	12
19	5	2	3	14	19	5	2	3	14	19	5	2	3	14
23	15	11	20	24	23	15	11	20	24	23	15	11	20	24
21	17	9	16	22	21	17	9	16	22	21	17	9	16	22
13	7	6	8	18	13	7	6	8	18	13	7	6	8	18
10	4	0	1	12	10	4	0	1	12	10	4	0	1	12
19	5	2	3	14	19	5	2	3	14	19	5	2	3	14
23	15	11	20	24	23	15	11	20	24	23	15	11	20	24

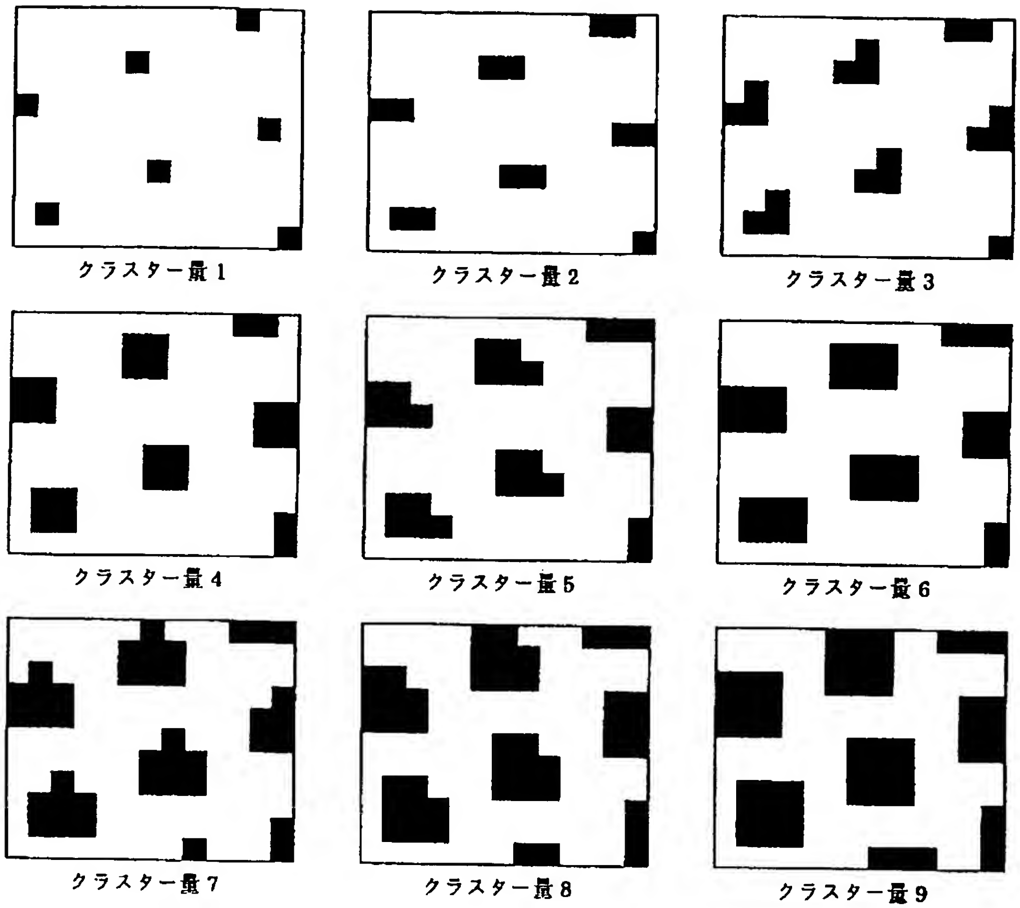
(B)

19	13	2	12	20	20	14	2	13	22	20	14	2	12	21
7	0	0	0	15	8	0	0	1	16	8	0	0	1	15
3	0	0	0	6	4	0	0	0	7	4	0	0	0	7
16	0	0	0	9	17	0	0	0	10	17	0	0	0	9
22	10	4	17	23	23	12	6	19	24	22	11	5	18	24
20	14	8	13	21	19	13	2	12	20	20	14	8	13	21
8	0	0	1	16	8	0	0	0	15	9	0	0	1	16
4	0	0	0	7	8	0	0	0	6	4	0	0	0	7
17	0	0	0	10	16	0	0	0	9	17	0	0	0	10
23	11	5	18	24	22	10	5	18	23	23	11	6	19	24
19	14	2	12	21	20	14	8	12	21	19	13	2	12	21
8	0	0	1	15	8	0	0	1	15	8	0	0	0	15
4	0	0	0	6	4	0	0	0	7	8	0	0	0	6
16	0	0	0	9	17	0	0	0	10	16	0	0	0	9
22	11	5	18	24	23	11	5	18	24	22	11	5	18	24

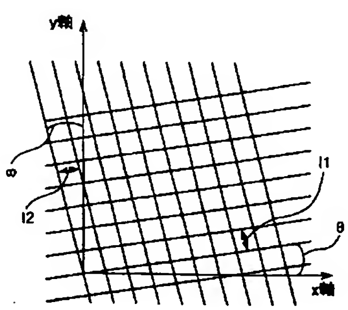
【図7】



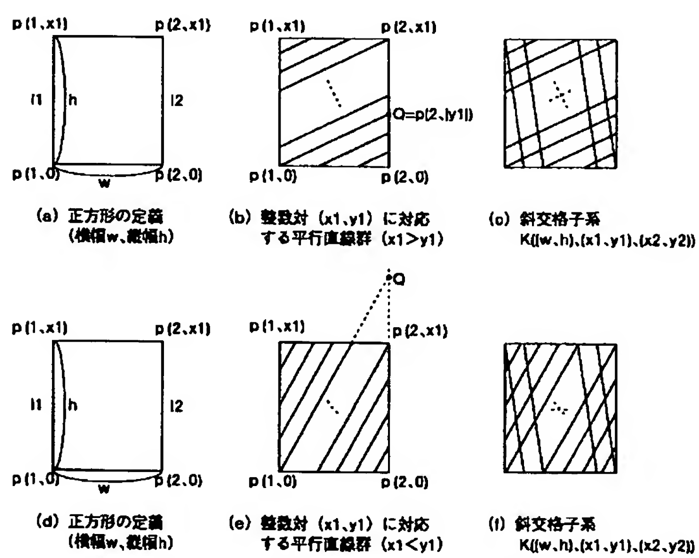
【図4】


クラスター量1
クラスター量2
クラスター量3
クラスター量4
クラスター量5
クラスター量6
クラスター量7
クラスター量8
クラスター量9

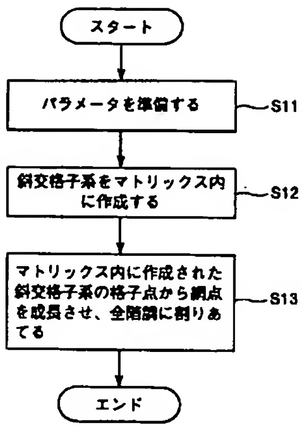
【図9】


y軸
x軸
l1
l2
θ

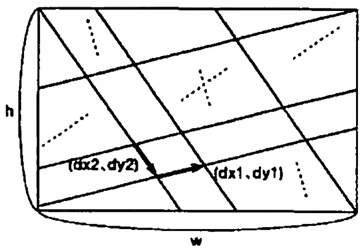
【図10】


p(1,x1)
p(2,x1)
p(1,0)
p(2,0)
l1
l2
h
w
Q=p(2,ly1l)
Q
(a) 正方形の定義
(横幅w、縦幅h)
(b) 整数対 (x1,y1) に対応
する平行直線群 (x1>y1)
(c) 斜交格子系
K((w,h),(x1,y1),(x2,y2))
(d) 正方形の定義
(横幅w、縦幅h)
(e) 整数対 (x1,y1) に対応
する平行直線群 (x1<y1)
(f) 斜交格子系
K((w,h),(x1,y1),(x2,y2))

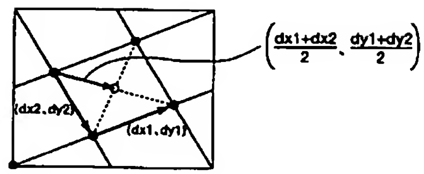
【図12】



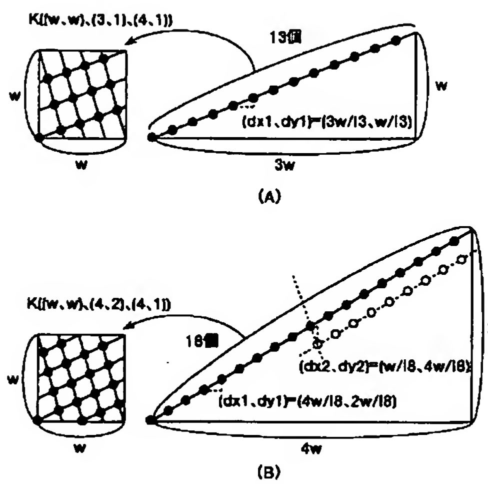
【図13】



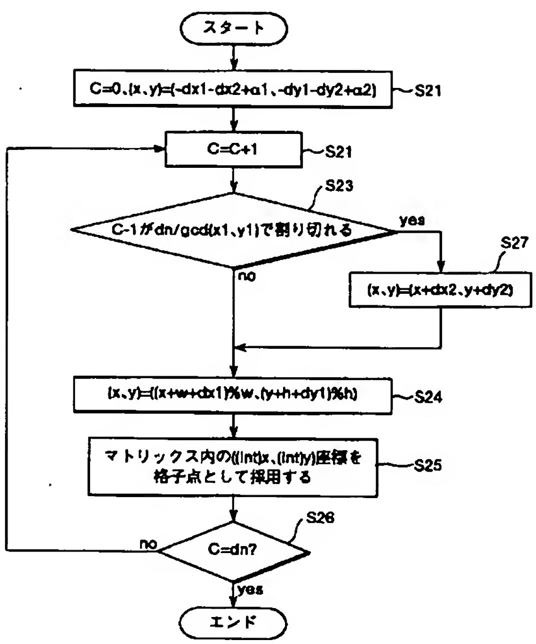
【図17】



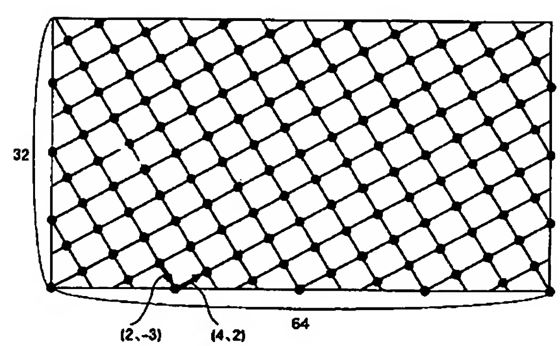
【図15】



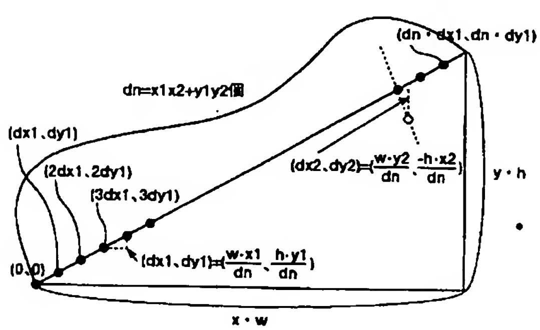
【図14】



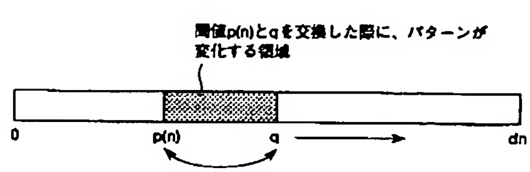
【図18】



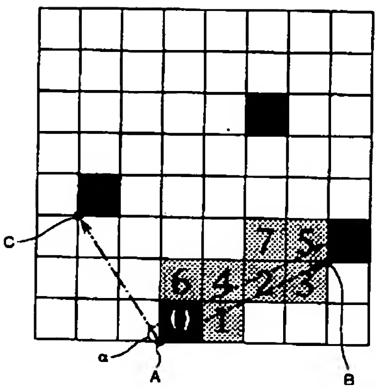
【図16】



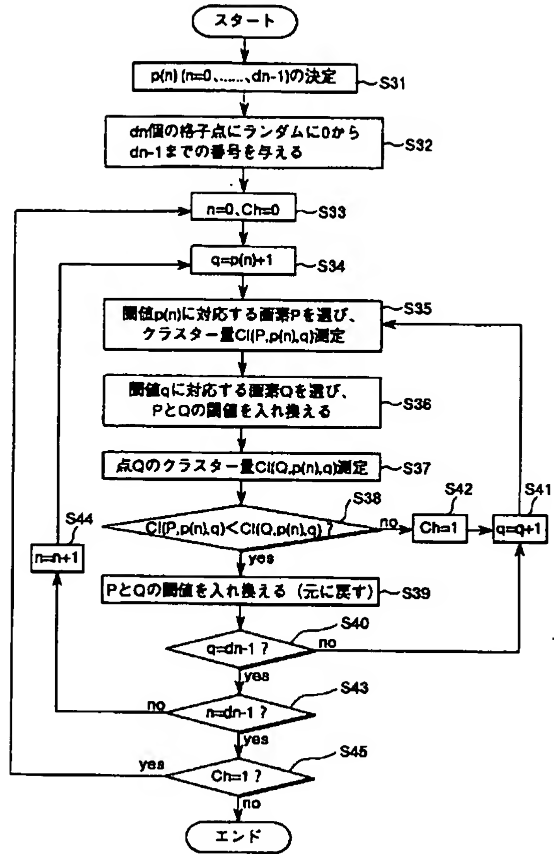
【図22】



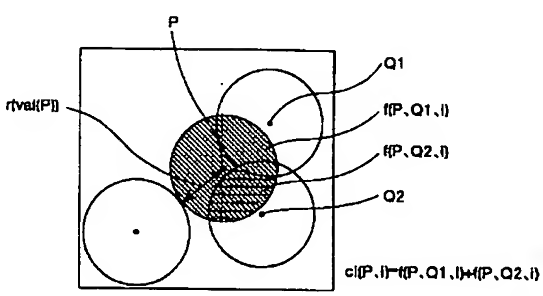
【図19】



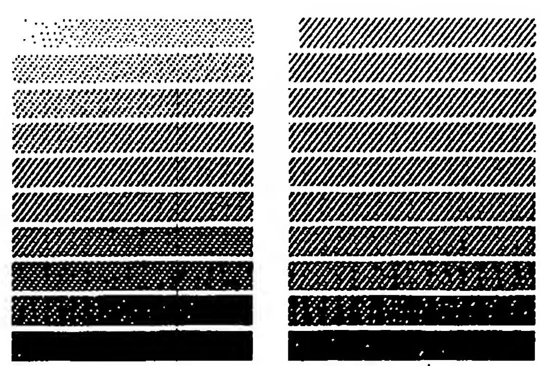
【図20】



【図21】

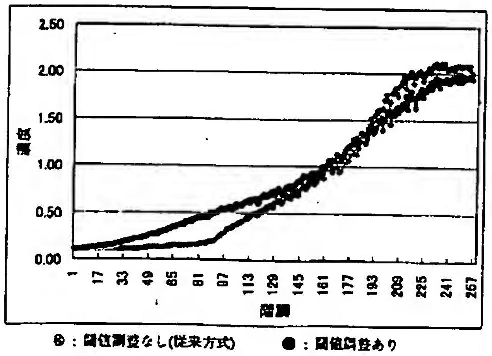


【図23】

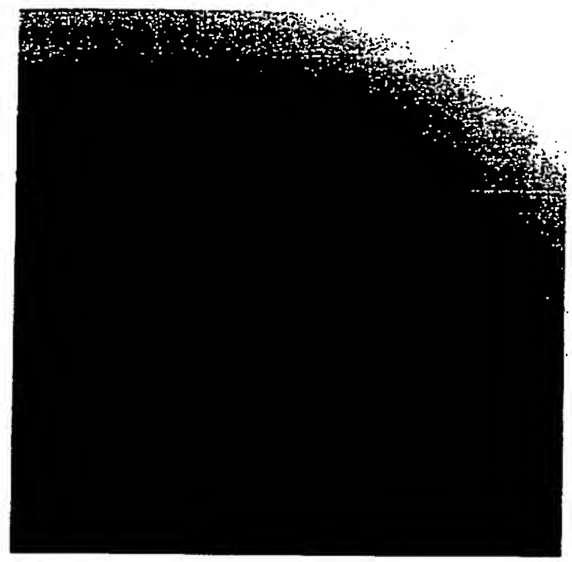


(A)　　　　(B)

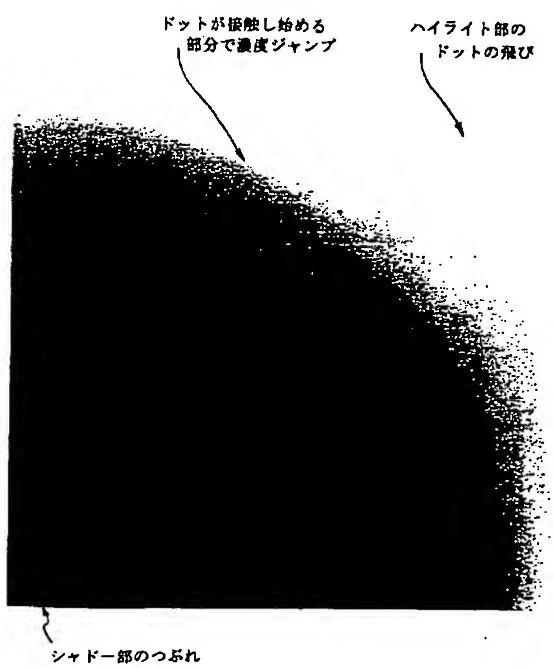
【図24】



【図25】



【図26】



【図27】

(A)

21	17	9	16	22	21	17	9	16	22	21	17	9	16	22
13	7	6	8	18	13	7	6	8	18	13	7	6	8	18
10	4	0	1	12	10	4	0	1	12	10	4	0	1	12
19	5	2	3	14	19	5	2	3	14	19	5	2	3	14
23	15	11	20	24	23	15	11	20	24	23	15	11	20	24
21	17	9	16	22	21	17	9	16	22	21	17	9	16	22
13	7	6	8	18	13	7	6	8	18	13	7	6	8	18
10	4	0	1	12	10	4	0	1	12	10	4	0	1	12
19	5	2	3	14	19	5	2	3	14	19	5	2	3	14
23	15	11	20	24	23	15	11	20	24	23	15	11	20	24
21	17	9	16	22	21	17	9	16	22	21	17	9	16	22
13	7	6	8	18	13	7	6	8	18	13	7	6	8	18
10	4	0	1	12	10	4	0	1	12	10	4	0	1	12
19	5	2	3	14	19	5	2	3	14	19	5	2	3	14
23	15	11	20	24	23	15	11	20	24	23	15	11	20	24

(B)

21	17	9	16	22	21	17	9	16	22	21	17	9	16	22
13	7	7	7	18	13	5	5	5	18	13	1	1	1	18
10	7	7	7	12	10	5	5	5	12	10	1	1	1	12
19	7	7	7	14	19	5	5	5	14	19	1	1	1	14
23	15	11	20	24	23	15	11	20	24	23	15	11	20	24
21	17	9	16	22	21	17	9	16	22	21	17	9	16	22
13	8	8	8	18	13	0	0	0	18	13	3	3	3	18
10	8	8	8	12	10	0	0	0	12	10	3	3	3	12
19	8	8	8	14	19	0	0	0	14	19	3	3	3	14
23	15	11	20	24	23	15	11	20	24	23	15	11	20	24
21	17	9	16	22	21	17	9	16	22	21	17	9	16	22
13	2	2	2	18	13	4	4	4	18	13	6	6	6	18
10	2	2	2	12	10	4	4	4	12	10	6	6	6	12
19	2	2	2	14	19	4	4	4	14	19	6	6	6	14
23	15	11	20	24	23	15	11	20	24	23	15	11	20	24